

COOLING SYSTEM

Publication number: JP2004353902

Publication date: 2004-12-16

Inventor: KATOU GOUSAKU; SOTOZAKI MINEHIRO

Applicant: SONY CORP

Classification:

- international: F25D9/00; F28D15/02; F25D9/00; F28D15/02; (IPC1-7):
F25D9/00; F28D15/02

- European:

Application number: JP20030149975 20030527

Priority number(s): JP20030149975 20030527

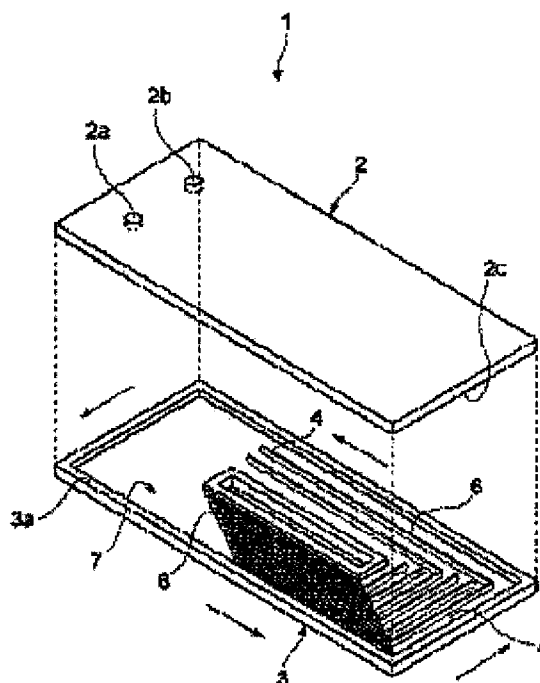
Report a data error here

Abstract of JP2004353902

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a cooling system, for enhancing efficiency of heat transport, by further stably circulating a working fluid.

SOLUTION: A liquid phase flow passage 14 having the largest flow passage resistance, can make the working fluid easily drawable in an evaporation flow passage 11, by operating capillary force. The evaporation flow passage 11 promotes evaporation of a drawn-in liquid phase fluid, and can prevent a backflow of a volume-increasing fluid to the liquid phase flow passage 14, since the flow passage resistance is smaller than the liquid phase flow passage 14. A gaseous phase flow passage 12 promotes a flow of the working fluid of further increasing the volume by evaporation, and can prevent a backflow of vapor to the evaporation flow passage 11, since the flow passage resistance is smaller than the evaporation flow passage 11. Thus, a stable flow of the working fluid can be maintained, and efficiency of the heat transport can be enhanced.

COPYRIGHT: (C)2005,JPO&NCIPI



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-353902

(P2004-353902A)

(43) 公開日 平成16年12月16日(2004. 12. 16)

(51) Int. Cl.⁷

F 1

テーマコード (参考)

F 2 5 D 9/00

F 2 5 D 9/00

D

3 L 0 4 4

F 2 8 D 15/02

F 2 8 D 15/02

L

F 2 8 D 15/02

1 0 1 H

F 2 8 D 15/02

1 0 2 G

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2003-149975 (P2003-149975)

(22) 出願日 平成15年5月27日 (2003. 5. 27)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(74) 代理人 100104215

弁理士 大森 純一

(74) 代理人 100104411

弁理士 矢口 太郎

(72) 発明者 加藤 豪作

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ

ニー株式会社内

(72) 発明者 外崎 峰広

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ

ニー株式会社内

F ターム (参考) 3L044 AA04 BA06 CA13 DD03 EA03

KA04

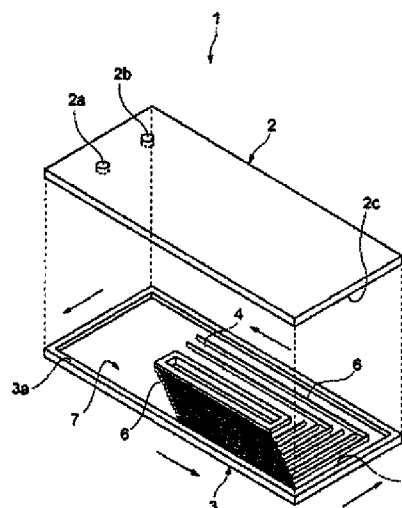
(54) 【発明の名称】 冷却装置

(57) 【要約】

【課題】より安定に作動流体を循環させ、熱輸送の効率を高めることができる冷却装置を提供すること。

【解決手段】最も流路抵抗の大きい液相流路14では毛细管力を働かせて作動流体を蒸発流路11へ引き込みやすくすることができる。蒸発流路11では液相流路14より流路抵抗が小さいので、引き込んだ液相流体の蒸発を促進させるとともに、体積が増加する流体の液相流路14への逆流を防止することができる。気相流路12では蒸発流路11より流路抵抗が小さいので、蒸発してさらに体積が増加する作動流体の流動を促進させるとともに蒸気の蒸発流路11への逆流を防止することができる。これにより、安定した作動流体の流れを維持することができ、熱輸送の効率化を図ることができる。

【選択図】 図3



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-353902

(P2004-353902A)

(43) 公開日 平成16年12月16日(2004.12.16)

(51) Int.Cl.⁷

F25D 9/00

F28D 15/02

F1

F25D 9/00

F28D 15/02

F28D 15/02

F28D 15/02

D

L

101H

102G

テーマコード(参考)

3L044

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2003-149975 (P2003-149975)

(22) 出願日 平成15年5月27日(2003.5.27)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(74) 代理人 100104215

弁理士 大森 純一

(74) 代理人 100104411

弁理士 矢口 太郎

(72) 発明者 加藤 泰作

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ

ニー株式会社内

(72) 発明者 外崎 峰広

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ

ニー株式会社内

Fターム(参考) 3L044 AA04 BA06 CA13 DD03 EA03

KA04

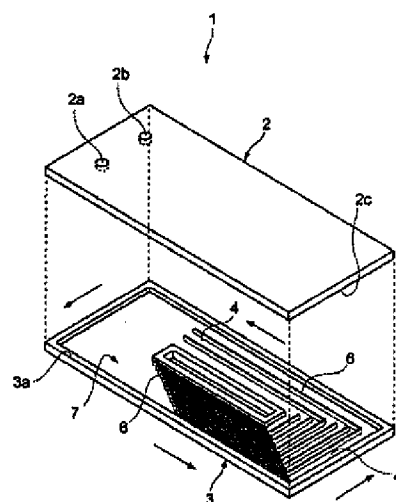
(54) 【発明の名称】 冷却装置

(57) 【要約】

【課題】より安定に作動流体を循環させ、熱輸送の効率を高めることができる冷却装置を提供すること。

【解決手段】最も流路抵抗の大きい液相流路14では毛细管力を働かせて作動流体を蒸発流路11へ引き込みやすくすることができる。蒸発流路11では液相流路14より流路抵抗が小さいので、引き込んだ液相流体の蒸発を促進させるとともに、体積が増加する流体の液相流路14への逆流を防止することができる。気相流路12では蒸発流路11より流路抵抗が小さいので、蒸発してさらに体積が増加する作動流体の流動を促進させるとともに蒸気の蒸発流路11への逆流を防止することができる。これにより、安定した作動流体の流れを維持することができ、熱輸送の効率化を図ることができる。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の流路抵抗を有し、作動流体を流通させるとともに該作動流体の蒸発作用により発熱体から発せられる熱を吸収する蒸発流路と、
前記作動流体を流通させるとともに該作動流体の凝縮作用により熱を放出する凝縮流路と、
前記第1の流路抵抗とは異なる第2の流路抵抗を有し、前記蒸発流路で蒸発した前記作動流体を前記凝縮流路へ流通させる気相流路と、
前記第1の流路抵抗及び前記第2の流路抵抗とは異なる第3の流路抵抗を有し、前記凝縮流路で凝縮した前記作動流体を前記蒸発流路へ流通させる液相流路と
を具備することを特徴とする冷却装置。

【請求項2】

請求項1に記載の冷却装置であって、
前記第1、第2及び第3の流路抵抗は、第3の流路抵抗、第1の流路抵抗、第2の流路抵抗の順で小さくなるように設けられていることを特徴とする冷却装置。

【請求項3】

(a) 第1の基板と、
(b) 前記第1の基板と対面して接合された第2の基板と、
(c) 接合された前記第1の基板と前記第2の基板との間に設けられ、作動流体を循環させることが可能であって、
前記作動流体の蒸発作用により発熱体から発せられる熱を吸収する蒸発流路と、
前記作動流体の凝縮作用により熱を放出する凝縮流路と、
前記蒸発流路で蒸発した前記作動流体を前記凝縮流路へ流通させる気相流路と、
前記凝縮流路で凝縮した前記作動流体を前記蒸発流路へ流通させる液相流路とを有し、流路抵抗が前記蒸発流路と前記気相流路と前記液相流路とでそれぞれ異なるように設けられた循環流路と
を具備することを特徴とする冷却装置。

【請求項4】

請求項3に記載の冷却装置であって、
前記循環流路は、前記液相流路、前記蒸発流路、前記気相流路の順で前記流路抵抗が小さくなるように設けられていることを特徴とする冷却装置。

【請求項5】

請求項3に記載の冷却装置であって、
前記循環流路は、前記蒸発流路、前記気相流路、前記凝縮流路及び前記液相流路のうち少なくとも1つで、前記作動流体が流れる方向に沿って前記流路抵抗が徐々に小さくなるように設けられていることを特徴とする冷却装置。

【請求項6】

請求項4に記載の冷却装置であって、
前記循環流路は、
前記作動流体を流通させ、前記第1の基板及び前記第2の基板のうち少なくとも一方に形成されるときともに、前記液相流路、前記蒸発流路、前記気相流路の順で徐々に広くなるように形成された溝を有することを特徴とする冷却装置。

【請求項7】

請求項5に記載の冷却装置であって、
前記循環流路は、
前記作動流体を流通させ、前記第1の基板及び前記第2の基板のうち少なくとも一方に形成されるときともに、前記蒸発流路、前記気相流路、前記凝縮流路及び前記液相流路のうち少なくとも1つで前記作動流体が流れる方向に沿って徐々に広くなるように形成された溝を有することを特徴とする冷却装置。

【請求項8】

請求項6に記載の冷却装置であって、
前記溝は、前記作動流体が流れる方向及び前記第1と第2の基板とが配列する方向の両者にはほぼ直行する方向に複数列設され、
少なくとも前記液相流路における、前記作動流体が流れる方向の前記複数の溝の長さはほぼ同一であることを特徴とする冷却装置。

【請求項9】

請求項3に記載の冷却装置であって、
前記第1の基板はガラスまたは樹脂であり、前記第2の基板はシリコン、銅、ステンレス、またはアルミニウムであることを特徴とする冷却装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、CPL (Capillary Pumped Loop) の原理を用いた冷却装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、MEMS (Micro Electro Mechanical System) 技術の進歩によって、より微細な構造を有する電気機械製品が出現してきている。CPLの原理を用いた冷却装置もそのMEMS技術を応用して作られるものもある。CPLとは、毛細管現象等を利用して作動流体を循環させ、吸熱及び放熱を繰り返すヒートパイプの概念を拡張したものである。

【0003】

CPLを用いた冷却装置の一例として、例えば吸熱作用が生じる部分に相当する蒸発部において、その蒸発部の入口と出口との断面積に差を設けて、作動流体の推進力を得る技術が提案されている（例えば、特許文献1参照。）。具体的には、出口を入口より広くすることで、液相から気相へ相変化して体積が大きくなっていく作動流体の流れを安定にし、作動流体の逆流等を防止している。

【0004】

【特許文献1】

特開2001-196778号公報（段落[0023]、[0024]等、図4、5等）

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記特許文献1に記載の装置では、蒸発部の入口と出口との断面積差のみに着目し、他の部位、例えば気相の流体が流れる流路や液相の流体が流れる流路等については言及されていない。蒸発部以外の部位についても何らかの加工等を施すことで、より安定に作動流体を循環させることができると考えられる。

【0006】

以上のような事情に鑑み、本発明の目的は、より安定に作動流体を循環させ、熱輸送の効率を高めることができる冷却装置を提供することにある。

【0007】

本発明の別の目的は、製造コストを低減できるとともに、薄型化または軽量化を図ることができる冷却装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明に係る冷却装置は、第1の流路抵抗を有し、作動流体を流通させるとともに該作動流体の蒸発作用により発熱体から発せられる熱を吸収する蒸発流路と、前記作動流体を流通させるとともに該作動流体の凝縮作用により熱を放出する凝縮流路と、前記第1の流路抵抗とは異なる第2の流路抵抗を有し、前記蒸発流路で蒸発した前記作動流体を前記凝縮流路へ流通させる気相流路と、前記第1の流路抵抗及び前記第2の流路抵抗とは異なる第3の流路抵抗を有し、前記凝縮流路で凝縮した前記作動流体を

前記蒸発流路へ流通させる液相流路とを具備する。

【0009】

本発明において、作動流体が各流路に接触する単位行程長さあたりの流路面積が小さいほど、流路抵抗が小さいものとする。また、本発明でいう流路抵抗は、毛細管力で作動流体が流れる場合の、当該毛細管力（または表面張力）とは無関係とする。

【0010】

本発明では、少なくとも蒸発流路、気相流路及び液相流路の各流路抵抗をそれぞれ異なるようにした。これにより、少なくとも蒸発流路、気相流路及び液相流路の流路抵抗等の最適化を図ることができる。例えば、用いる作動流体の種類、発熱体の温度、各流路の形状や容積、冷却装置の形状や大きさ等に応じて流路抵抗の最適化を図ることで、作動流体を安定して流通させることができる。その結果、熱輸送の効率を高めることができる。

【0011】

本発明の一の形態では、前記第1、第2及び第3の流路抵抗は、第3の流路抵抗、第1の流路抵抗、第2の流路抵抗の順で小さくなるように設けられている。最も流路抵抗の大きい液相流路では毛細管力を働かせて作動流体を蒸発流路へ引き込みやすくすることができる。蒸発流路では液相流路より流路抵抗が小さいので、引き込んだ液相流体の蒸発を促進させるとともに、体積が増加する流体の液相流路への逆流を防止することができる。気相流路では蒸発流路より流路抵抗が小さいので、蒸発してさらに体積が増加する作動流体の流動を促進させるとともに気相流体の蒸発流路への逆流を防止することができる。これにより、安定した作動流体の流れを維持することができ、熱輸送の効率化を図ることができる。

【0012】

本発明に係る他の冷却装置は、(a)第1の基板と、(b)前記第1の基板と対面して接合された第2の基板と、(c)接合された前記第1の基板と前記第2の基板との間に設けられ、作動流体を循環させることが可能であって、前記作動流体の蒸発作用により発熱体から発せられる熱を吸収する蒸発流路と、前記作動流体の凝縮作用により熱を放出する凝縮流路と、前記蒸発流路で蒸発した前記作動流体を前記凝縮流路へ流通させる気相流路と、前記凝縮流路で凝縮した前記作動流体を前記蒸発流路へ流通させる液相流路とを有し、流路抵抗が前記蒸発流路と前記気相流路と前記液相流路とでそれぞれ異なるように設けられた循環流路とを具備する。

【0013】

本発明では、少なくとも蒸発流路、気相流路及び液相流路の流路抵抗をそれぞれ異なるようにした。これにより、少なくとも蒸発流路、気相流路及び液相流路の流路抵抗等の最適化を図ることができる。例えば、用いる作動流体の種類、発熱体の温度、各流路の形状や容積、冷却装置の形状や大きさ等に応じて流路抵抗の最適化を図ることで、作動流体を安定して流通させることができる。その結果、熱輸送の効率を高めることができる。

【0014】

本発明の一の形態では、前記循環流路は、前記液相流路、前記蒸発流路、前記気相流路の順で前記流路抵抗が小さくなるように設けられている。上述したように、本発明では、蒸発流路から液相流路への作動流体の逆流、気相流路から蒸発流路への作動流体の逆流を防止し、作動流体が相変化するときの状態に合わせて流路抵抗が設計されている。これにより、安定した作動流体の流れを維持することができ、熱輸送の効率化を図ることができる。

【0015】

本発明の一の形態では、前記循環流路は、前記蒸発流路、前記気相流路、前記凝縮流路及び前記液相流路のうち少なくとも1つで、前記作動流体が流れる方向に沿って前記流路抵抗が徐々に小さくなるように設けられている。例えば、液相流路から気相流路へ作動流体が還流していく作動流体はその体積を徐々に大きくしていく。本発明では、液相流路、蒸発流路、気相流路の順で流路抵抗を小さくした上、さらに作動流体が相変化していく流れに沿って各流路の少なくとも1つのうちで流路抵抗を徐々に小さくしている。これにより

、作動流体の流れをより安定化させ、効率的に熱輸送することができる。

【0016】

本発明において、徐々には、連続的または段階的な状態、あるいは、連続的と段階的とが混在した状態を意味する。以下、同様である。

【0017】

本発明の一の形態では、前記循環流路は、前記作動流体を流通させ、前記第1の基板及び前記第2の基板のうち少なくとも一方に形成されるときともに、前記液相流路、前記蒸発流路、前記気相流路の順で徐々に広くなるように形成された溝を有する。例えば作動流体の流れに沿った直線状の溝を設けることで作動流体を整流する効果を高めることができる。これにより作動流体の流れをより安定化させ、効率的に熱輸送することができる。また、蒸発流路、気相流路、凝縮流路及び液相流路のうち少なくとも1つで作動流体が流れる方向に沿って徐々に広くなるように形成された溝を有していてもよい。

【0018】

溝は作動流体の流れる方向に対して横幅方向、つまり道幅方向で徐々に広くなるようにしてもよい。あるいは、作動流体の流れる方向に対して第1及び第2の基板が配列される方向で徐々に広くなるようにしてもよい。以下、同様である。

【0019】

本発明の一の形態では、前記溝は、前記作動流体が流れる方向及び前記第1と第2の基板とが配列する方向の両者にほぼ直行する方向に複数設けられ、少なくとも前記液相流路における、前記作動流体が流れる方向の前記複数の溝の長さはほぼ同一である。循環流路が平面的にループ状に形成されている場合は、そのループの内周と外周とでは流路の行程長に差が生じる。しかしながら、本発明によれば、複数の溝の長さをほぼ同一としたので、例えば液相流路を流れる作動流体の流路行程長を同じにすることができ、作動流体の流れをより安定化させることができる。

【0020】

本発明の一の形態では、前記第1の基板はガラスまたは樹脂であり、前記第2の基板はシリコン、銅、ステンレス、またはアルミニウムである。本発明では、特に、第2の基板を銅とし、かつ、第1の基板を樹脂とすることが好ましい。この場合、第2の基板である銅板に、上記溝、あるいは後述する柱状部材等を形成することが好ましい。銅板は加工が容易であり、例えばダイシングやレーザーカッター等であらゆる形状に加工することが容易であるからである。またこの場合、エッチング等により加工する必要がないので製造コストも低減することができる。また、第1の基板を樹脂とすることにより、薄型化または軽量化を図ることができる。また、例えば、第1の基板をガラスとし第2の基板をシリコンとした場合は、それら両者の接合は陽極接合により行うことができる。第1の基板を樹脂とし、第2の基板を銅とすることにより、銅板と樹脂とを熱圧着等により容易に接合することができるので製造が容易となり生産性、歩留まりが向上する。

【0021】

本発明の一の形態では、前記循環流路は、前記第1の基板及び前記第2の基板のうち少なくとも一方に形成され、前記作動流体を流通させる凹部と、前記凹部に複数設けられ、前記液相流路、前記蒸発流路、前記気相流路の順で徐々に数が少なくなるように設けられた柱状部材とを有する。あるいは、前記液相流路、前記蒸発流路、前記気相流路の順で徐々に柱状部材の大きさが小さくなるようにしてもよい。

【0022】

本発明の一の形態では、前記循環流路は、前記第1の基板及び前記第2の基板のうち少なくとも一方に形成され、前記作動流体を流通させる凹部と、前記凹部に複数設けられ、前記蒸発流路、前記気相流路、前記凝縮流路及び前記液相流路のうち少なくとも1つで前記作動流体が流れる方向に沿って徐々に数が少なくなるように設けられた柱状部材とを有する。あるいは、前記作動流体が流れる方向に沿って徐々に柱状部材の大きさが小さくなるようにしてもよい。

【0023】

本発明の一の形態では、前記循環流路は、前記作動流体を流通させ、前記第1の基板及び前記第2の基板のうち少なくとも一方に形成されるときともに、前記液相流路、前記蒸発流路、前記気相流路の順で多孔の率が大きくなるように形成された多孔流路を有する。本発明において、多孔の率とは、いわゆる多孔率である。多孔率とは、単位流路行程長当りの、循環流路中の多孔流路である空間が占める体積率をいう。以下、同様である。

【0024】

本発明の一の形態では、前記循環流路は、前記作動流体を流通させ、前記第1の基板及び前記第2の基板のうち少なくとも一方に形成されるときともに、前記蒸発流路、前記気相流路、前記凝縮流路及び前記液相流路のうち少なくとも1つで前記作動流体が流れる方向に沿って多孔の率が徐々に大きくなるように形成された多孔流路を有する。

【0025】

以上、本発明では、流路抵抗を設計上のパラメータとして循環流路における各流路のバランスを規定したが、空隙率（空間率）をパラメータとして各流路のバランスを規定してもよい。

【0026】

例えば、第1の空隙率を有し、作動流体を流通させるときともに該作動流体の蒸発作用により発熱体から発せられる熱を吸収する蒸発流路と、前記作動流体を流通させるときともに該作動流体の凝縮作用により熱を放出する凝縮流路と、前記第1の空隙率とは異なる第2の空隙率を有し、前記蒸発流路で蒸発した前記作動流体を前記凝縮流路へ流通させる気相流路と、前記第1の空隙率及び前記空隙率とは異なる第3の空隙率を有し、前記凝縮流路で凝縮した前記作動流体を前記蒸発流路へ流通させる液相流路とを具備する冷却装置を提供することができる。

【0027】

あるいは、(a)第1の基板と、(b)前記第1の基板と対面して接合された第2の基板と、(c)接合された前記第1の基板と前記第2の基板との間に設けられ、作動流体を循環させることが可能であって、前記作動流体の蒸発作用により発熱体から発せられる熱を吸収する蒸発流路と、前記作動流体の凝縮作用により熱を放出する凝縮流路と、前記蒸発流路で蒸発した前記作動流体を前記凝縮流路へ流通させる気相流路と、前記凝縮流路で凝縮した前記作動流体を前記蒸発流路へ流通させる液相流路とを有し、前記作動流体を流通させるための空隙の率が前記蒸発流路と前記気相流路と前記液相流路とでそれぞれ異なるように設けられた循環流路とを具備することを特徴とする冷却装置を提供することができる。

【0028】

この場合、空隙率とは、単位流路行程長さあたりの各流路における空隙の体積率である。

【0029】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づき説明する。

【0030】

図1は本発明の第1の実施形態に係る冷却装置を示す斜視図である。図2は図1に示す冷却装置1の側面図である。

【0031】

冷却装置1は、第1の基板2と第2の基板3とが対面して接合されて構成されている。両基板2、3は陽極接合等の手段により接合することができる。第1の基板2は例えばガラスであり、第2の基板3は例えばシリコンである。例えば図2に示すようにシリコン基板3の表面の吸熱部20に発熱体5が当接され、その発熱体5から発せられる熱を吸熱部20から吸収し、反対側の放熱部30から熱を放出する。放熱部30には、例えば図示しないヒートシンクが接続され、ファンやペルチェ素子のような強制空冷等により放熱される場合もある。発熱体5としては例えばCPU等の集積回路チップ等である。しかし発熱体5はこれに限られず、熱を発するものであれば何でもよい。

【0032】

図3は冷却装置1の分解斜視図である。図4は、シリコン基板3の平面図であり、図5は、図4に示すA-A線断面図である。シリコン基板3には、接合面3a、3bが設けられており、これら接合面3a、3bがガラス基板2の裏面2cと当接してガラス基板2とシリコン基板3とが接合される。シリコン基板3には図示しない作動流体を循環させる循環流路7が形成されている。循環流路7は例えば凹状に形成され、ループ状をなしている。循環流路7には、作動流体が循環する方向（図3に示す矢印方向）に沿って長尺状の壁部材6が複数形成されることで作動流体が流通する溝4が複数形成されている。循環流路7を形成する凹部や溝4等は、例えば半導体デバイスの製造時のフォトリソグラフィ技術を用いることができるが、これに限られるものではない。

【0033】

作動流体としては純水、エタノール等を用いることができる。また、図3に示すように、ガラス基板2には作動流体を循環流路7の凹部に注入するため、あるいは、その際に例えば真空引き等を行うための穴2a、2bが設けられている。作動流体の注入、真空引き等の後、これらの穴2a、2bは封止される。

【0034】

図5に示すように、複数の壁部材6はそのラインアンドスペースが例えば1:1となるように設けられている。すなわち、 $t:s=1:1$ である。具体的には、 $t=10\mu\text{m}\sim40\mu\text{m}$ である。また、溝4の深さ、すなわち壁部材6のアスペクト比 u/t は例えば5である。具体的には、 $u=50\mu\text{m}\sim200\mu\text{m}$ である。しかし、 s 、 t 、 u はこれらの値に限られず適宜変更可能である。

【0035】

循環流路7は蒸発流路、気相流路、凝縮流路及び液相流路を有している。理解を容易にするため、図6において、蒸発流路11、気相流路12、凝縮流路13及び液相流路14を示した。図3、図4に示すように、本実施の形態では、例えば、液相流路14、蒸発流路11、気相流路12にかけて連続して溝4が設けられている。溝4は液相流路14、蒸発流路11、気相流路12の順で広くなるように設けられている。つまり、壁部材6の本数が順に少なくなるように設けられている。これにより、循環流路7の流路抵抗が順に小さくなっていく。

【0036】

本実施の形態では、作動流体が各流路11～14に接触する単位行程長さあたりの流路面積が小さいほど、流路抵抗が小さいものとする。また、本実施の形態で言う流路抵抗は、毛細管力で作動流体が流れる場合の、当該毛細管力（または表面張力）は含まれないものとする。したがって、循環流路7中、毛細管力が他に比べて大きい液相流路14の流路抵抗が最も大きくなる。

【0037】

壁部材6の本数は、具体的には、液相流路14、蒸発流路11、気相流路12の順で例えば4:2:1、あるいは、6:3:1の割合で減少していくように設けられている。しかしながらこれらの割合に限られず、壁部材6が作動流体の流れに沿って減少していき流路抵抗が小さくなるような設計であればどのような構成であってもよい。

【0038】

次に、本実施の形態に係る冷却装置1の作用について説明する。

【0039】

発熱体5から発生した熱は、冷却装置1の吸熱部20から受け入れられる。具体的には発熱体5から発生した熱は、吸熱部20においてシリコン基板3の表面に伝わる。吸熱部20から受けた熱により、作動流体が蒸発流路11で蒸発して蒸気になると、その蒸気は流路抵抗の小さい側である気相流路12側へ流れる。つまり、流体が蒸気になると体積が急激に増加するため、流体の流路に対する接触面積が小さい方へ流れるようにする。気相流路12側へ流れた蒸気は冷えて凝縮流路13で凝縮することで、放熱部30から熱を放出する。凝縮した作動流体は液相流路14を毛細管力で蒸発流路11側へ流れていく。このようにして冷却装置1は吸熱及び放熱を繰り返すことにより発熱体5を冷却する。

【0040】

本実施の形態では、最も流路抵抗の大きい液相流路14では毛細管力を働かせて作動流体を蒸発流路11へ引き込みやすくすることができる。蒸発流路11では液相流路14より流路抵抗が小さいので、引き込んだ液相流体の蒸発を促進させるとともに、体積が増加する流体の液相流路14への逆流を防止することができる。気相流路12では蒸発流路11より流路抵抗が小さいので、蒸発してさらに体積が増加する作動流体の流動を促進させるとともに蒸気の蒸発流路11への逆流を防止することができる。これにより、安定した作動流体の流れを維持することができ、熱輸送の効率化を図ることができる。

【0041】

図7及び図9は上記第1の実施形態の冷却装置1の変形例を示している。これらの図に示す冷却装置は、壁部材26、46（または溝24、44）の全体的な形状が上記第1の実施の形態で示すものと異なっている。つまり、図7に示す冷却装置の蒸発流路は、図8に示すように略矩形状の蒸発流路31となっている。また、この蒸発流路31に合わせて液相流路34や気相流路32等の形状も異なっている。さらに図9に示す冷却装置の蒸発流路等も図10に示すような蒸発流路51等の形状をなし、図3または7に示す蒸発流路11または31の形状と異なっている。

【0042】

すなわち、本発明に係る実施の形態において、蒸発流路、気相流路、凝縮流路、液相流路の平面的な形状は、作動流体の種類や、発熱体の温度等に応じて様々な形状を採ることができる。

【0043】

図11は、上記冷却装置1のさらに別の変形例を示す。本実施の形態では、凝縮流路の部位に、例えば金属や樹脂でなる放熱板18が嵌め込まれている。放熱板18は、作動流体の凝縮作用を促進させるために突起19が複数形成されている。

【0044】

図12は、本発明の第2の実施の形態に係る冷却装置の循環流路の一部を示す平面図である。図12では、蒸発流路61の一部、液相流路64の一部を示している。循環流路57には柱状の部材56が複数設けられている。柱状部材56は、液相流路64から蒸発流路61にかけてその数が少なくなるように設けられている。このような構成によれば、蒸発流路61における作動流体の当該流路61に対する接触面積を、液相流路64における作動流体の当該流路64に対する接触面積より少なくすることができる。その結果、蒸発流路61の流路抵抗を液相流路64のそれより小さくすることができる。

【0045】

図12に示す形態において、その大きさを蒸発流路61側で小さくなるようにしてよい。あるいは、液相流路64から蒸発流路61にかけて作動流体の流れに沿って徐々にその大きさが小さくなるようにしてもよい。また、液相流路64及び蒸発流路61だけでなく、他の流路に柱状部材56を設けることも可能である。柱状部材56は図に示すように円筒形に限らず、角柱、その他の形状でもよい。

【0046】

図13は、本発明の第3の実施の形態に係る冷却装置の循環流路の一部を示す平面図である。図13では、蒸発流路81の一部、液相流路84の一部を示している。循環流路77には多孔74が設けられている。図では多孔74を概略的に描いている。実際は、多孔74は高さ方向（紙面に垂直方向）に3次元的に設けられ、この多孔74である空間部分を作動流体が流通するようになっている。多孔74は、液相流路84より蒸発流路81の方が多孔率が大きくなるように設けられている。ここで多孔率とは、単位流路行程長当りの、循環流路中の多孔流路である空間が占める体積率をいう。このような構成によっても蒸発流路81の流路抵抗を液相流路84のそれより小さくすることができる。

【0047】

図13に示す形態において、液相流路84から蒸発流路81にかけて作動流体の流れに沿って徐々に多孔率を大きくするようにしてもよい。また、液相流路84及び蒸発流路81

だけでなく、他の流路に多孔74を設けることも可能である。

【0048】

図14は、本発明の第4の実施の形態に係る冷却装置の循環流路の一部を示す平面図である。本実施の形態では、作動流体を流通させる溝94が、液相流路104、蒸発流路101、液相流路102に沿って、徐々に幅広となるように形成されている。このような構成によっても作動流体の流れに沿って流路抵抗を小さくすることができる。

【0049】

図15は、本発明の第5の実施の形態に係る冷却装置の循環流路の一部を示す断面図である。本実施の形態では、循環流路117において、液相流路124と蒸発流路121とで、高さが異なるように段差が設けられている。符号116で示す部位は溝114を形成するための壁部材である。このような構成によっても作動流体の流れに沿って流路抵抗を小さくすることができる。また、段差を設けることで、液相から気相に変化する作動流体の逆流を極力抑えることができる。特に、蒸発流路121ではまだ液相の作動流体も存在しているので、本実施の形態に係る平板状の冷却装置の平板面が地面に対してほぼ平行に置かれる状態にあれば、逆流を防止する効果は大きい。

【0050】

本発明は以上説明した実施の形態には限定されるものではなく、種々の変形が可能である。

【0051】

上記各実施の形態では、基板として、ガラス及びシリコンを用いたが、樹脂と銅板、ステンレス、アルミニウムであってもよい。この場合、銅、ステンレス、アルミニウム板に溝、多孔、または柱状部材等を形成することが好ましい。銅板は加工が容易であり、例えば簡便なフォトリソグラフィに加え、ダイシングやレーザーカッター等であらゆる形状に加工することが容易であるからである。製造コストも低減することができる。また、樹脂を用いることにより、薄型化または軽量化を図ることができる。また、銅板と樹脂とを熱圧着等により容易に接合することができるので製造が容易となり生産性、歩留まりが向上する。樹脂としては例えばポリイミド樹脂を用いることができる。

【0052】

また、シリコン基板や銅板のみに循環流路を設けるだけでなく、ガラス基板や樹脂基板等にも循環流路を設けるようにしてもよい。あるいは、ガラス基板や樹脂基板等には作動流体の気液溜まりのための窪み部を設けるようにしてもよい。

【0053】

上記各実施の形態では、作動流体の流れに沿って循環流路7の流路抵抗が小さくなるようにしたが、最も熱輸送効率の高くなるように、流路抵抗を循環流路7の各部位で最適な値となるようにしてもよい。例えば、用いる作動流体の種類、発熱体の温度、各流路の形状や容積、冷却装置の形状や大きさ等に応じて流路抵抗の最適化を図ることで、作動流体を安定して流通させることができる。その結果、熱輸送の効率を高めることができる。

【0054】

【発明の効果】

以上説明したように、より安定に作動流体を循環させ、熱輸送の効率を高めることができ、低消費電力化を図ることができる。また冷却装置の製造コストを低減できるとともに、薄型化または軽量化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る冷却装置を示す斜視図である。

【図2】図1に示す冷却装置の側面図である。

【図3】図1に示す冷却装置の分解斜視図である。

【図4】シリコン基板の平面図である。

【図5】図4に示すA-A線断面図である。

【図6】図3及び図4に示す蒸発流路、気相流路、凝縮流路及び液相流路の理解を容易にするための平面図である。

【図7】本発明の第1の実施形態の冷却装置を示す変形例である。

【図8】図7に示す蒸発流路、気相流路、凝縮流路及び液相流路の理解を容易にするための平面図である。

【図9】本発明の第1の実施形態に係る冷却装置を示す変形例である。

【図10】図9に示す蒸発流路、気相流路、凝縮流路及び液相流路の理解を容易にするための平面図である。

【図11】本発明の第1の実施形態に係る冷却装置のさらに別の変形例である。

【図12】本発明の第2の実施の形態に係る冷却装置の循環流路の一部を示す平面図である。

【図13】本発明の第3の実施の形態に係る冷却装置の循環流路の一部を示す平面図である。

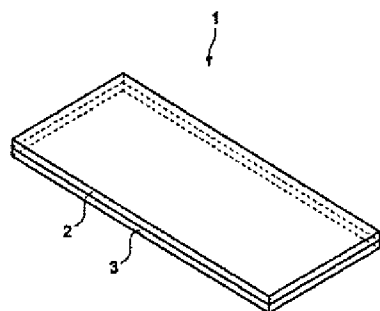
【図14】本発明の第4の実施の形態に係る冷却装置の循環流路の一部を示す平面図である。

【図15】本発明の第5の実施の形態に係る冷却装置の循環流路の一部を示す断面図である。

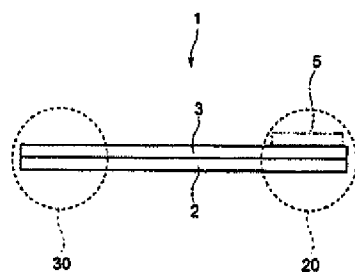
【符号の説明】

- 1…冷却装置
- 2、112…ガラス基板
- 3、23、63、113…シリコン基板
- 4、24、44、94、114…溝
- 5…発熱体
- 7、27、47、57、77、117…循環流路
- 11、31、51、61、81、101、121…蒸発流路
- 12、32、52…気相流路
- 13、33、53…凝縮流路
- 14、34、54、64、84、104、124…液相流路
- 56…柱状部材
- 74…多孔

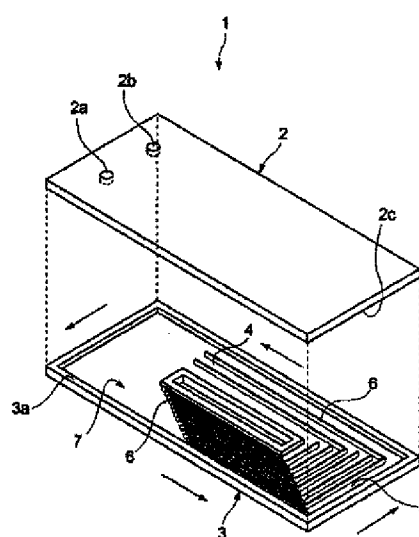
【図1】



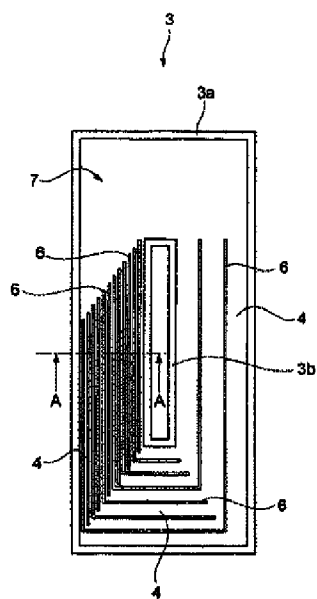
【図2】



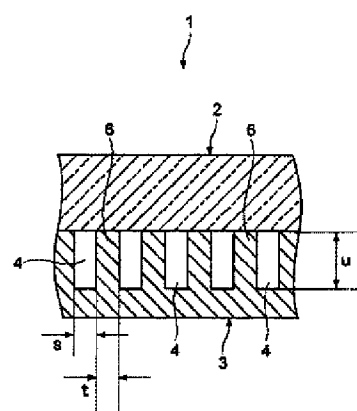
【図3】



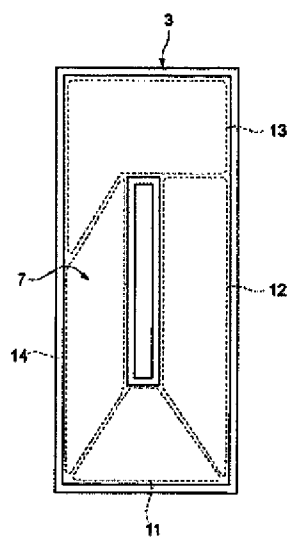
【図4】



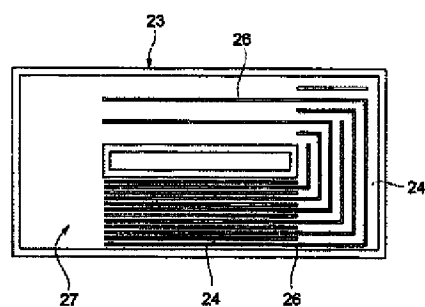
【図5】



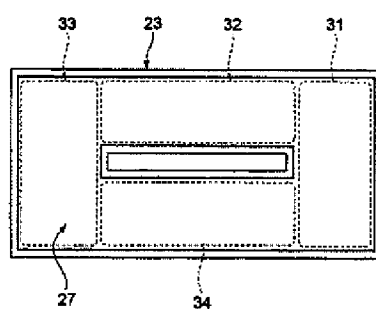
【図6】



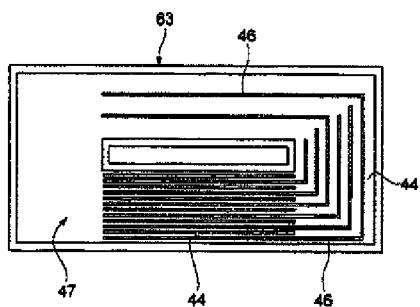
【図7】



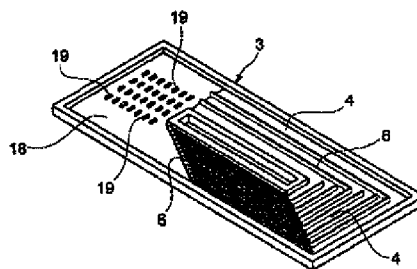
【図8】



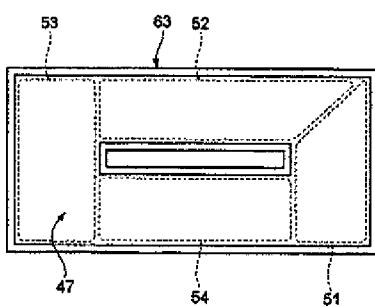
【図9】



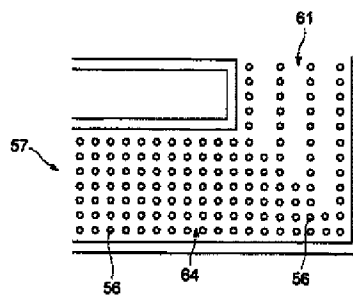
【図11】



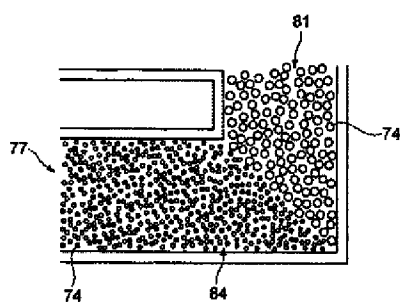
【図10】



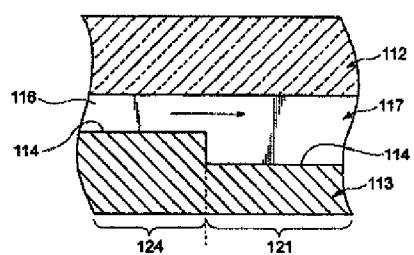
【図12】



【図13】



【図15】



【図14】

